

# 그룹화 기법을 적용한 새로운 WDMA DQDB MAN 프로토콜

정희원 이남재\*, 꺾훈성\*

## A new WDMA Protocol with Grouping Scheme for DQDB Optical MAN

Nam Jae Lee\*, Hoon Sung Kwak\* *Regular Member*

### ABSTRACT

With the emergence of erbium-doped optical amplifier, High-speed optical network employing linear bus such as DQDB have become more attractive. In this paper, a new WDMA protocol is developed for optical network based on a Distributed Queue Dual Bus(DQDB) Metropolitan Area Networks with grouping scheme. Performance evaluation shows that not only proposed protocol overcomes the several limitations of existing protocol but achieves almost same performance. Especially, if the network size is increase, our protocol has better system performance than existing protocol. Also, proposed protocol is applicable to classic DQDB network directly without protocol change of basic counter scheme.

### I. 서론

최근에 광학 장치에 대한 비약적인 발전은 WDM 기법을 단일 모드의 광섬유가 가지는 대용량의 대역폭을 효율적으로 사용하기 위한 보다 나은 방법으로 생각하게 되었다. 일반적으로 광 네트워크의 물리적인 구조는 성형이거나 선형 버스형태이나 파장의 다양한 할당에 의하여 여러 가지의 가상 토폴로지를 가질 수 있다. 특히 단일 홉 구조는 대부분 성형구조를 가지며 이에 대한 연구가 최근에 폭넓게 진행되어왔다. 그러나 성형구조의 광 네트워크는 대규모 사용자를 위한 네트워크 구축과 대형의 스타커플러의 제작에 고 비용이 요구되는 문제점을 가지고 있다.<sup>[1]</sup> 따라서 현재 실질적인 상황에서 위 제약을 극복하기 위해서는 선형 버스 구조의 광 네트워크가 보다 나은 선택이 될 수 있다. 특히 DQDB는 두 개의 양방향 버스 구조를 갖는 MAN(Metropolitan Area Network)의 표준으로 IEEE에서 지정하였다. 그러므로 두 개의 양방향성을 갖는 DQDB와 같은 선형 버스 구조가 미래에

보다 더 관심이 집중될 것이다.

현재 문헌<sup>[1]</sup>과 같은 WDMA 프로토콜이 DQDB 네트워크를 위하여 개발되었다(이하 WDQDB). 이 프로토콜은 기존의 DQDB가 각 버스가 단일 채널인데 반하여 각 채널을 WDM 기법을 이용하여 다중화 함으로써 채널의 이용률을 증가시켜 시스템의 성능 제고를 이루었다. 그러나 위 기법은 다음 몇 가지의 제한사항을 가지고 있다. 첫 번째로 DQDB 네트워크는 기본적으로 크기에 민감하지 않은 패킷 형태를 지원할 수 있고 등시성 데이터 처리를 위한 작고 고정된 ATM 과 같은 크기의 패킷(53-옥텟)을 사용하고 있다. 이때 일반적으로 ALOHA 기반의 프로토콜을 사용하는 시스템의 성능은 송수신자간에 상호 조정을 위한 신호량에 따라 성능이 좌우된다.<sup>[5]</sup> 두 번째로 동기적인 관점에서 보면<sup>[1]</sup>에서 제안된 WDQDB 프로토콜은 최대한의 성능을 보장하기 위해 양방향의 버스가 동기적으로 움직여야만 한다. 왜냐하면 WDQDB는 데이터 전송 시 발생할 수 있는 수신측 충돌을 방지하기 위하여 ACK 필드를 제어슬롯안에 가지고 있다. 정 방향에서의 채널 획득

\* 전북대학교 공과대학 컴퓨터공학과(njlee@nms.chonbuk.ac.kr) 정희원  
논문번호 : 98064-0213, 접수일자 : 1998년 2월 13일

에 성공한 노드 중 둘 이상의 노드가 같은 수신지를 원할 경우 이를 ACK 필드에 표시한 후 TS(Time Stamp) 필드를 가지고 승자를 선택하게 된다. 이에 대한 정보는 반대방향 버스의 제어채널에 포함되어 각 노드에 제공된다. 위 상황에서 볼 수 있듯이 WDQDB는 정방향 버스 상에서 전송채널 획득을 하고 역방향에서는 수신측의 충돌을 방지하는 ACK 신호를 생성한다. 이에 따라 실제적인 전송이 이루어 지는 시점은 기존 ALOHA 기반의 시스템보다 한 사이클 시간이 더 필요하게 된다. 특히 이러한 양방향의 버스가 2개의 사이클 시간 간격으로 동시에 이루어지지 않을 경우 수신측 충돌에 대한 ACK의 내용이 잘못되어 사용될 수 있다. 따라서 제안된 WDQDB는 최고의 성능을 발휘하기 위해서는 패킷의 라운드 트립 시간(Round-Trip Time : 2-Cycle) 마다 동기화 되어야 하며 이 경우 네트워크의 크기가 증가할수록 시스템의 성능은 저하된다. 세 번째로 WDQDB는 고가인 튜닝 가능한 광 송수신장치를 다수 필요로 한다. 즉 각 노드는 제어채널 송수신을 위한 고정채널 레이저 및 필터, 패킷 전송을 위한 튜닝 가능한 레이저 및 필터가 한 버스 당 필요하게 된다. 따라서 WDQDB 프로토콜을 사용하려면 각 노드가 총 4개의 튜닝 가능한 장치와 4개의 고정채널 장치가 필요하게 된다.

본 논문에서는 기존에 연구된 WDQDB의 문제점을 해결하고 성능을 개선하기 위하여 그룹핑 기법을 같은 새로운 WDMA 프로토콜을 제안하였다(이하 GDQDB). 2장에서는 제안된 네트워크의 구조를 설명하였고 3장에서는 기존에 제안된 WDQDB<sup>[1]</sup>의 개략적인 설명과 본 논문에서 제안된 프로토콜에 대한 자세한 설명을 기술하여 비교하였다. 4장에서는 제안된 시스템의 성능을 시뮬레이션을 통해 나타내었고 5장에서 결론을 지었다.

## II. 제안된 시스템의 구조

DQDB 네트워크는 그림 1에 나타난 바와 같이 두 개의 서로 다른 방향성을 지닌 광섬유를 매체로 한 양방향 버스 구조로 구성되어 있다. 각 방향의 버스는 연속적인 셀을 발생하는 Headend와 발생된 셀들을 제거하는 Terminator를 가지며 각 노드들은 양쪽 버스에 모두 연결되어있다. DQDB 네트워크의 셀 크기는 광대역 정보통신의 표준 전송모드인 ATM과 똑같은 53 옥텟(Octet)으로 구성되어 복잡한 변환과정을 거치지 않고도 ATM 기반의 네트워

크와 연동시킬 수 있다. DQDB 네트워크는 전송제어를 위해 각 패킷마다 2개의 제어 비트, R(Request)과 B(Busy) 비트를 갖는다. 또한 각 노드는 2개의 카운터, RQ(Request Counter)와 CD(Countdown Counter)를 갖는다. DQDB 네트워크의 기본 동작은 참고 문헌<sup>[2]</sup>에 상세히 기술되어 있다.

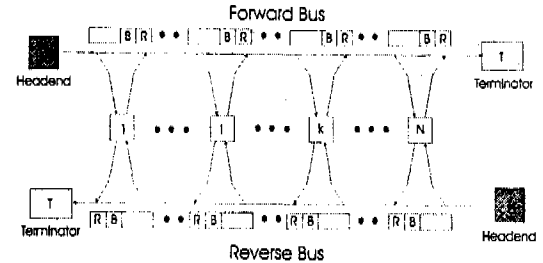


그림 1. 기본 DQDB 네트워크의 구조

본 논문에서 제안한 네트워크의 기본적인 구조는 그림 1에 나타난 DQDB 네트워크의 구조와 흡사하나 각 버스가 가지는 전송채널이 한 개가 아니라 WDM에 의해 다중화된 여러개의 전송채널을 가질 수 있다는 점이 다르다. 따라서 각 버스의 Headend에서 발생하는 패킷도 다중화된 채널의 수만큼 발생된다. 패킷의 전송을 위하여 각 노드는 전송 조정을 위한 제어 패킷을 발생하는 특정파장으로 고정된 레이저와 실제 데이터 전송을 위해 수 나노초 안에 파장을 변환시킬 수 있는 튜닝 가능한 레이저를 가지고 있어야 된다. 또한 패킷의 수신을 위해서는 제어패킷과 실제 전송 데이터 패킷 수신을 위한 두 개의 특정 파장으로 고정된 필터들을 가지고 있어야 한다. 따라서 각 노드들은 양 방향의 버스를 위해 두개의 튜닝가능한 광 송수신 장치와 6개의 고정된 광 송수신기를 가지고 있어야 된다. 따라서 본 논문에서 제안한 구조는 기존 제안된 WDQDB가 가지는 고가의 튜닝 가능한 장치중 2개를 상대적으로 저가인 고정된 파장을 가지는 광 송수신기를 가진다.

## III. 프로토콜 비교

### 3.1. WDQDB에 대한 고찰

WDQDB는 전송제어를 위해서 그림 2에 나타난 것과 같이 각 미니슬롯은 기존 DQDB가 가지는 두 개의 비트 R, B 이외에도 TS(Time Stamp), DA(Destination Address)를 가지며 이와 같은 미니

슬롯이 전송할 파장 수, 즉 채널의 수만큼 존재하며 수신측 충돌을 해결하기 위하여 ACK (Acknowledge) 부분을 가진다. WQDB 프로토콜의 동작은 다음과 같다. 단, 각 버스의 동작은 상호 대칭적이기 때문에 한쪽 방향(Forward)에 대해서만 기술한다. 각 노드는 보낼 데이터가 없을 경우 양 버스의 제어채널  $\lambda_0$ 를 주시하여 순방향의 각 미니슬롯 안에 R 비트가 1 인경우는 RQ값을 1 증가하고 역방향 버스의 B 비트가 0 인 경우에는 RQ 값을 1 감소한다. 따라서 만약 최대 사용 가능한 채널이 W 라면 DQDB와 달리 한 패킷 시간 동안 제어 채널인  $\lambda_0$ 를 제외한 W-1 만큼 RQ의 증감이 이루어질 수 있다. 만약 보낼 데이터가 생기면, 순방향의 버스안에 R 비트가 0 인 미니슬롯을 찾아 1로 바꾼 후, 노드는 바로 RQ 값을 CD에 복사하고 RQ를 0으로 리셋 시킨다. 이때부터 각 노드는 역방향 버스의 미니슬롯 안의 B 비트를 감시하여 0 이면 CD가 0 이 될 때까지 계속 감소시키며, 만약 CD가 0이 되면 그 다음 B 비트가 0인 미니슬롯 안의 DA 부분에 수신지 주소와 TS 부분에 그때의 시간을 기록하고 실제 데이터는 그 다음 사이클에 이루어진다. 따라서 데이터 패킷을 최대 W-1 만큼 동시에 전송시킬 수 있다. 이 프로토콜은 최대 W-1 만큼의 성능 향상이 이루어 질 수 있으나 만약 두 개 이상의 노드가 하나의 수신지를 원할 경우, 각 노드는 한 순간에 하나의 파장에 대해서만 수신 가능하므로 수신지 충돌이 일어날 수 있으며 이를 위하여 WQDB는 각 제어 슬롯의 뒤에 W-1 비트의 ACK 부분을 첨가하여 만약 동일한 DA 부분이 발생한다면 TS 값에 따라 하나를 선택하여 전송할 수 있게 하고 나머지 부분에 대해서는 ACK 부분의 해당 비트에 1을 세트함으로써 ACK 필드가 0인 부분을 점유한 노드만이 전송을 실시하고 나머지는 재전송을 실시한다.

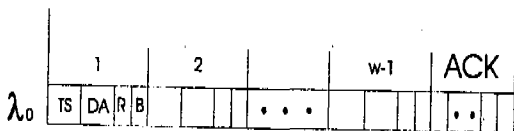


그림 2. WQDB의 제어슬롯 구조

이와 같은 WQDB 프로토콜은 다음 몇가지 문제점을 가지고 있다. 첫째로 네트워크 상의 노드수가 증가할 경우 시스템의 성능은 떨어진다. 왜냐하면 DQDB의 기본 패킷포맷은 53 옥텟의 고정된 작

은 크기이다. 따라서 시스템의 성능은 제어채널의 대역폭, 즉 전송 조정을 위한 신호량의 크기에 민감하다.<sup>[5]</sup> WQDB에서의 신호량은 그림 2에 나타난 바와 같이 W 개의 미니슬롯과 W 비트의 ACK 부분으로 되어 있다. 각 미니슬롯은 1비트의 R, B 부분과 노드수를 N 이라 할 때 DA를 나타내는데 필요한 비트수는  $\log_2 N$ 이 되며 모든 노드가 한곳으로만 데이터를 보냈을 때 이를 조정하기 위한 TS의 크기도  $\log_2(N-1) \approx \log_2 N$  이 되어야 한다. 따라서 전송조정을 위한 최대 신호량은 식 (1)과 같으며 이는 53 옥텟, 즉 424 비트를 초과 할 수 없다.

$$(W-1)(2\log_2 N+2)+W-1=(W-1)(2\log_2 N+3)<424\text{bits} \quad (1)$$

위 식(1)의 양이 424 비트로 고정되면 노드수 N 과 파장분할이 가능한 채널 수 W는 반비례 관계에 있게 된다. 즉 데이터 채널의 파장수 W-1 이 40 이라면 노드의 수는 10을 초과할 수 없고 반면에 노드의 수가 100개 일 경우, 적용 가능한 데이터 채널을 위한 파장의 수는 24개밖에 사용할 수 없다. 일반적으로 MAN에서의 노드의 수는 20에서 100개 정도이고 현재 기술로 가능한 파장의 수는 100개에 달하고 있다. 따라서 WQDB는 기존의 자원을 최대한으로 사용하지 못할 수 있으며 미래 네트워크 확장에 문제가 될 수 있다.

두 번째로 DQDB와 달리 WQDB의 성능을 최대한으로 발휘하기 위해서는 Headend에서의 셀 발생을 동기화 시켜야 한다는 것이다. WQDB에서 실제적으로 데이터를 전송하려면 최소 2개의 패킷 시간 즉, 라운드 트립 시간 후에 전송이 가능하다. 왜냐하면 수신측 충돌이 어느 노드간에 일어났으며 또 누가 경쟁에서 승리했는가를 알아야 만이 정상적인 전송이 가능하기 때문이다. 따라서 WQDB 프로토콜이 최대의 성능을 발휘하려면 라운드 트립 시간 간격에 따라 양쪽 Headend에서 셀의 발생이 동기적으로 이루어져야 한다. 또한 각 제어패킷에 포함 되어 오는 ACK 신호가 누가 보냈는지 알기 위하여 한 순간에 오직 하나의 패킷만이 네트워크에 존재해야한다 그러나 이러한 동기는 상당히 복잡한 문제를 야기시켜 광 통신망의 요구사항 중 하나인 단순 처리에 적합하지 않다.

세 번째로 WQDB는 수신시에도 파장의 변환이 빨리 이루어질 수 있는 튜닝 가능한 필터를 상대적으로 많이 요구한다. 따라서 파장변환에 따르는 오버헤드를 감수해야하며 경제적인 면에서도 바람직하

지 않다.

마지막으로 WDQDB는 기존 DQDB에 비해 동작에서의 복잡도가 크다. 예를들어 TS 부분을 지정하려면 그때마다 시간에 대한 계산을 해야되며, 단순히 일련 번호를 주더라도 어느 순간에는 그 값을 다시 리셋 해야된다. 더구나 DQDB에서는 2개의 비트에 대한 검사와 변환을 실시 하지만 WDQDB는 전체 패킷 모두에 대한 검사를 실시하여야 한다. 또한 DQDB에서는 CD가 0이되면 단순히 그 패킷을 전송하면 되지만 WDQDB에서는 충돌이 생겼을 경우에는 재전송 할 수 있는 다른 메카니즘이 필요하다.

3.2. 제안된 WDMA 전송 프로토콜

3.2.1. 제안된 WDMA를 위한 제어채널 및 노드의 구조

본 논문에서는 WDQDB와 같이 하나의 광섬유로 이루어진 버스에 대해 WDM 기법을 사용하여 한 버스의 채널을 W개로 나누어  $\lambda_0$ 를 제어채널로 정하여 전송조정을 위하여 사용하고  $\lambda_1$ 에서  $\lambda_{w-1}$ 까지 W-1개는 실제 데이터전송을 위한 데이터 채널로 사용된다. 그림 3에 제안한 GDQDB의 제어채널의 구조를 나타내었다.

각 버스에 대한 송신을 위해, 각 노드는 전송조정을 위한 제어신호(R,B)를 보낼 수 있는 고정 파장( $\lambda_0$ )으로 튜닝된 레이저와 실제 데이터를 W-1개의 파장을 통해서 보낼 수 있는 고속의 튜닝 가능한 레이저를 가진다. 데이터의 수신을 위해서는 제어신호를 감지하는 고정 파장( $\lambda_0$ )으로 튜닝된 필터와 그룹화에 따라 정의된 고정된 파장을 수신할 수 있는 필터를 가진다. 또한 전송 조정을 위하여 GDQDB는 각 노드에 W-1개의 RQ(Request Counter[W-1])와 1개의 CD(Countdown Counter)를 가진다. 간단한 GDQDB의 노드구조는 그림 4와 같다.

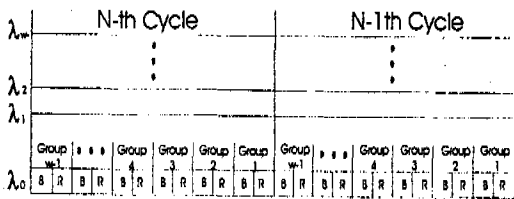


그림 3. 제안된 GDQDB의 제어채널 구조

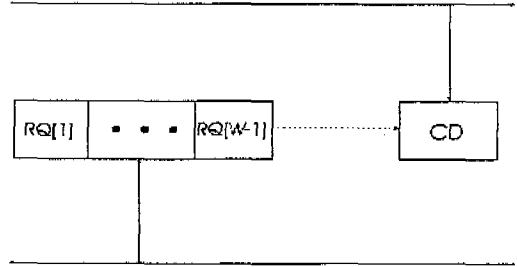


그림 4. 다중의 RQ[i]카운터를 가지는 GDQDB의 기본 노드 구조

위의 상황들에서 감지 할 수 있듯이, WDQDB에서 데이터의 수신을 위해서 고속의 튜닝 가능한 필터를 사용한 것과는 달리 GDQDB에서는 파장이 그룹에 따라 고정된 필터를 사용하여 데이터를 수신한다. 따라서 WDQDB에서의 비싼 튜닝 가능한 필터가 GDQDB에서는 상대적으로 저가인 고정 파장 필터로 노드 당 2개씩 사용되어 총 2N개의 장비에 소요되는 경제적 이득을 볼 수 있다.

제안된 GDQDB는 노드 N을 W-1개의 그룹으로 노드들을 분리한다. 각 노드는 자신이 소속될 그룹 번호를 모듈로 연산을 사용하여 식 (2)에 의해 결정한다.

$$\text{그룹 번호} = (\text{노드번호} \bmod (W-1)) + 1 \quad (2)$$

한 예로 총 분할 가능한 파장(채널)의 수 W가 10 이고 한 노드의 번호가 30 이라면 이노드의 그룹 번호는  $(30 \bmod 9) + 1$  로 계산이 되어 그룹 번호는 4 로 정해진다. 이것은 그룹의 총 수는 네트 워크에서 동시에 전송가능한 데이터 채널의 수 W-1로 정해진다는 것을 알 수 있다.

3.2.2 GDQDB의 전송 프로토콜

본 논문에서 제안된 GDQDB의 전송프로토콜은 다음과 같다. GDQDB의 제어채널은 그림 3에서 보는 바와 같이 그룹의 수 만큼의 2비트(R,B)를 가진 미니슬롯이 존재한다. 그림 4에 나타난 것과 같이 GDQDB는 DQDB와 달리 W-1개의 RQ[W-1]를 가진다. 모든 노드는 전송할 데이터가 없으면 노드는 제어채널을 주시하여 각 그룹의 R과 B 비트를 감시하여 만약 순방향 버스의 i 번째 미니슬롯 안의 R이 1 이면 RQ[i]를 1 증가 시키고, 반대로 역방향 버스의 i 번째 미니슬롯 안의 B가 0 이면 RQ[i]를 1 감소 시킨다. 만약 한 노드가 전송할 데이터가 생길 경우, 노드는 데이터의 수신지가 속한 그룹을 식

(2)의 계산에 의해 결정하고, 이 그룹번호가  $i$  일 경우 순방향 버스의 제어채널에서  $i$  번째 미니슬롯의  $R$ 의 값이 0 일 때  $R$ 을 1로 셋트하고  $RQ[i]$ 의 값을  $CD$ 로 복사한후  $RQ[i]$ 를 0으로 리셋 시킨다. 그 다음 역방향 버스의  $i$  번째 미니슬롯의  $B$  비트가 0 일 때마다  $CD$  값을 1씩 감소시킨 다음  $CD$ 가 0 이 되면 그 다음 사이클의 미니슬롯 내의  $B$  비트가 0 이 되면 해당되는 그룹에 할당된 파장, 즉  $\lambda_i$  로 레이저를 튜닝한 후, 그 다음 사이클 타임 때 해당 데이터를 전송하면 된다. 그룹에 속한 노드들은 모두 데이터를 전송 받지만 데이터에 실린 수신측 주소가 자신과 일치하지 않을 경우 수신 데이터를 폐기하고, 맞을 경우 복사하여 자신에게 전달된 데이터를 처리한다. 위 박스 안에 제안된 전송 프로토콜을 C언어와 비슷한 기술언어로 나타내었다.

```

main()
{
    int CD, W, N, i, j, G/*그룹 번호*/;
    int RQ[W-1], R[W-1], B[W-1];
    for (i=1; i<W; i++)
        RQ[i] = R[i] = B[i] = 0; /* 시스템 초기화 */

    while(Active Network) { /* 네트워크가 동작중이면 실행*/
        for(i=1; i==N; i++){ /* 모든 노드에 대해서 */
            if (전송데이터가 없으면){
                /* 순방향 버스 */
                for(j=1; j<W; j++){
                    제어채널상의 R[j] 비트를 감시;
                    if (R[j]==1) RQ[j]++;
                }
                /* 역방향 버스 */
                for(j=1; j<W; j++){
                    제어채널상의 B[j] 비트를 감시;
                    if (B[j]==1) RQ[j]--;
                }
            }
            else /* 데이터 전송 요구 */
            {
                G = (도착지 노드번호 % (W-1)) + 1;
                CD = RQ[G];
                RQ[G] = 0;
                /* 순방향 버스, 위 if 문 계속 수행 생략 */
                if (R[G] == 0) R[G] = 1;
                /* 역방향 버스, 위 if 문 계속 수행 생략 */
                if (B[G] == 0) CD --;
                if (CD==0) 파장  $\lambda_G$ 로 레이저 전송;
            }
        }
    }
}
    
```

WDQDB에 나타난 제약 상황을 극복하였다. 첫 번째로, 그림 3에서 보는 바와 같이 GDQDB에서 전송 조절을 위한 전체 신호량은 식 (1)에 나타난 WDQDB의 경우와는 달리  $2(W-1)$  만 있으면 전송 조절이 가능하다. 따라서 제안된 GDQDB는 네트워크의 전체 노드 수에 영향을 받지 않으며, 오직 파장의 수에 따라 영향을 받는다. 즉 GDQDB에서는 노드수에 대한 제약은 없으며 사용가능한 파장수도 제어채널을 포함하여 213 개 까지도 가능하다. 더구나 현재의 기술은 파장을 최대 100 여개 정도 분할 하는데 그치고 있어서 GDQDB는 미래 파장 분할 기술의 발전에도 유연하게 대처할 수 있는 능력이 있다. 그림 5에 노드수에 따른 사용 가능한 채널의 수를 나타내었다.

두 번째로 GDQDB는 수신측 충돌 자체가 일어나지 않기 때문에 ACK 부분이 제어채널에 포함될 필요가 없으며 따라서 동기적인 문제는 자연스럽게 해결할 수 있다. 또한 WDQDB는 전송요청 신호를 보낸 후, ACK에 대한 정확한 정보를 알기위해 한 순간 버스 상에 하나의 프레임 만이 존재해야 하나 GDQDB는 연속해서 패킷을 발생시킬 수 있어 파이프라인 효과를 기대할 수 있다.

세 번째로 WDQDB는 수신을 위해서도 고가의 튜닝 가능한 소자를 사용하나 GDQDB에서는 파장이 고정되거나 네트워크 환경 변환시 적용할 수 있는 저속의 튜닝이 가능한 소자를 사용하기 때문에 경제적으로 구축이 용이하다.

마지막으로 GDQDB는 DQDB가 가지는 기본 카운터 방식 중 다중의  $RQ[i]$ 에 대해서만 다를 뿐, 그 이외의 동작은 DQDB와 똑같다. 따라서 동작의 복잡도 면에서도 뛰어난을 알 수 있다.

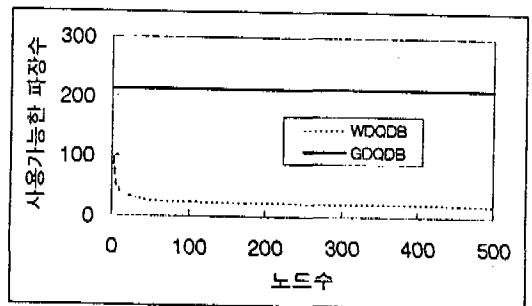


그림 5. 노드수에 따른 사용가능한 파장수

#### IV. 성능평가 및 시뮬레이션 결과

본 논문에서 제안된 GDQDB는 기존 연구된

DQDB, WDQDB 와 GDQDB를 시뮬레이션을 통해 비교함으로써 제안된 프로토콜의 성능을 평가

하였다. 시뮬레이션을 위한 가정의 다음과 같다.

- 1) 한 패킷 프레임의 크기는 53 옥텟, 즉 424 비트로 고정한다.
- 2) 사용가능한 파장의 수는 총 W개이며 이중 제어채널을 제외한 W-1개를 데이터 채널로 사용한다.
- 3) 네트워크 내의 노드의 수는 N으로 한다.
- 4) 각 노드에서 전송대기를 위한 버퍼의 크기 Q는 30으로 한다.
- 5) 성능비교를 위하여 트래픽 부하는 문헌<sup>[1]</sup>에서 나타낸  $\rho$ 로 정하였다

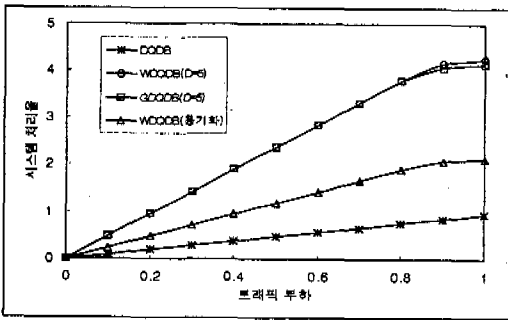


그림 6. DQDB, WDQDB 및 제안된 GDQDB와의 성능 비교

그림 6에 트래픽 부하  $\rho$ 에 대한 DQDB, WDQDB, 및 GDQDB의 시스템 처리율을 나타내었다. 트래픽 부하  $\rho$ 는 문헌[1]에 나타난 바와 같이 한 노드가 하나의 새로운 패킷을 발새할 확률을 p, 전체 노드를 N, 그리고 채널의 수를 W라 할 때,  $Np/2W$ 로 정의하였고 기본적으로 부하가 1을 넘지 않는 범위에서 시뮬레이션을 실시 하였다. 데이터 채널의 수 W-1는 편의를 위해 D로 나타내었다. 그림 6에서 보는 바와 같이, 같은 환경하에서는 GDQDB는 DQDB보다는 월등한 성능을 나타내며, WDQDB 보다는 거의 비슷하나 약간 낮은 성능을 보이고 있다. 이 이유는 WDQDB는 인접 노드의 전송요청에 관계없이 가능한 채널을 바로 할당받을 수 있으나, GDQDB는 DQDB와 비슷하게 그룹에 대한 채널을 인접 노드가 사용하지 않을 때까지 기다려야 하기 때문에 앞서 사용하지 않는 채널이 있더라도 오직 그룹에 할당된 채널 만을 사용하기 때문이다. 그러나 각 버스의 Headend에서 발생하는 패킷이 WDQDB에서는 라운드 트립 시간 간격으로 생성되어야 하기 때문에 GDQDB보다 패킷의 발생간격이 두배로 늘어나며, 정확한 ACK 신호의

수신 때문에 버스상에는 한순간 오직 하나의 패킷만이 전송되어 연속해서 패킷을 생성할 경우, 파이프라인 효과에 의한 성능의 향상을 기대할 수 없다. 또한 시스템이 최대의 성능을 발휘하려면 양 버스의 Headend에서 동기적으로 패킷을 발생시켜야만 한다.그러므로 이를 성능평가에 포함할 경우 그림 6에 제시된 바와 같이 WQDQB의 효율은 제안된 GDQDB 보다 오히려 떨어진다.

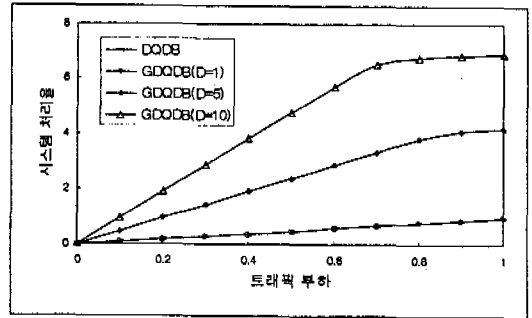


그림 7. 사용가능한 데이터 채널수에 대한 GDQDB의 시스템 처리율

그림 7에서는 제안된 GDQDB의 시스템의 처리율을 사용가능한 채널의 수에 따라 나타내었다. 특히 데이터 채널의 수 D가 1인 경우에는 DQDB와 똑같은 성능을 나타내었다. 이 의미는 전체 데이터 채널의 수가 곧 그룹의 수를 나타내므로 그룹이 1인 경우에는 RQ의 수가 하나만 동작하므로 기존의 DQDB와 똑같은 동작을 취하게 되기 때문이다. 따라서 본 논문에서 제안한 GDQDB는 기존 DQDB에서 다중의 RQ 카운터를 사용하는 방법 이외에는 모든 동작이 같다는 결론이 나온다. 그러므로 GDQDB는 WDQDB에서와 같은 전송조정을 위한 추가된 복잡한 동작이 없으므로 이에 대한 네트워크의 부담감을 해소할 수 있다.

그림 8에서는 WDQDB와 GDQDB의 각 노드들에 대한 지연시간을 나타내었다. WDQDB는 어느 노드나 임의의 빈 채널을 사용할 수 있기 때문에 공정성에 대해서는 GDQDB보다 좋다. 그러나 한번의 전송에 적어도 2개의 패킷시간(라운드 트립 시간)이 소요되므로 전체 지연시간은 GDQDB가 더 적으며, GDQDB가 노드의 지연시간에서 실제 지리적인 네트워크의 크기를 적게 받는 반면에 WDQDB는 지리적인 실제 네트워크의 크기에 상대적으로 많은 영향을 받게 된다. 이러한 이유는 WDQDB는 ACK 신호의 해독을 위해 반대편 버스

에서 오는 패킷을 기다려야만 하지만 GDQDB는 기존의 DQDB와 같이 ACK 신호를 필요로 하지 않으므로 패킷의 발생을 다른 버스의 상태에 상관 없이 계속적으로 수행하면 되기 때문이다.

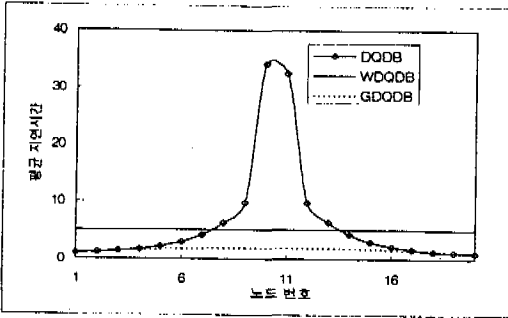


그림 8. 제안된 시스템의 각 노드별 평균 지연시간

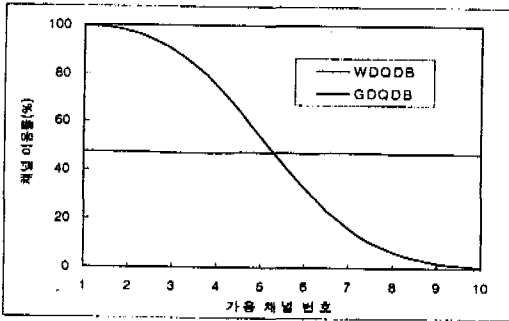


그림 9. 각 채널의 이용률(트래픽 부하 =0.5, 가용데이터 채널 수 =10, 노드수=20)

마지막으로 그림 9에 GDQDB와 WDQDB에 대해 각 채널의 이용률을 나타내었다. 그림 9에 나타난 바와 같이 WDQDB는 채널의 사용이 낮은 번호에 집중되는 반면 GDQDB는 모든 채널이 고루 쓰여지고 있다. 따라서 자원의 효율적인 사용 측면에서도 GDQDB가 유리하다.

### V. 결론

본 논문에서는 DQDB MAN 구조와 같이 듀얼 버스구조를 갖는 광 네트워크를 위하여 그룹핑 기법을 사용한 효율적인 WDMA 프로토콜을 제안했다. 기존에 제안된<sup>[1]</sup> WDQDB는 노드수에 따른 가용 파장, 즉 채널 수의 제한, ACK에 따른 동기화 문제, 고가의 튜닝 기능소자의 사용 및 노드 동작의 복잡성에서 문제점을 안고 있다. 본 논문은 위와 같은 문제점을 극복하기 위해서 다수의 RQ 카운터를

이용하는 GDQDB WDMA 프로토콜을 제안하였다. 첫째로 패킷의 크기가 고정 되었을 때 나타나는 WDQDB에서의 문제를 파장수만으로 국한시켜 노드수에 따른 부담을 최소화 하였다. 두번째로 수신측 충돌을 해결하기 위한 ACK에 의해서 야기되는 동기화 문제를 그룹핑 기법을 통해 해결하였다. 세번째로 WDQDB에서 사용하는 수신을 위한 고가의 튜닝 가능한 장비를 상대적으로 저가인 고정된 파장으로 수신하는 장치를 사용하여 경제적인 측면도 고려하였다. 마지막으로 본 논문에서 제안한 GDQDB는 다수의 RQ[W-1] 카운터를 운용하는 방법만 다를 뿐 다른 모든 상황은 DQDB와 같도록 동작하게 하여 추가의 동작이 필요없어 운용의 복잡도 면에서도 기존 WDQDB 보다 나은 성능을 나타냈다.

제안된 시스템의 성능평가를 위해 시뮬레이션을 실시했으며 단일 채널인 DQDB와 기존 연구된 WDQDB와의 비교를 실시하였다. 시뮬레이션 결과, 그림 5에서 9까지 나타난 바와 같이 기존의 WDQDB 보다 더 나은 성능을 나타내었다.

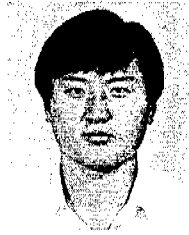
결론적으로 본 논문에서 제안한 GDQDB는 DQDB와 같이 듀얼 버스 구조를 갖는 광 네트워크에서 WDM 기법을 이용해서 시스템의 성능을 향상시키고자 할 경우 훌륭한 대안이 될 것이다. 특히 본 시스템은 패킷의 크기를 DQDB의 기본 포맷인 53 바이트로 고정시켰기 때문에 향후 B-ISDN의 표준 전송모드인 ATM과의 연동에 있어서도 아무런 문제가 없을 것이다.

### 참고 문헌

- [1] Jonathan C. Lu, Leonard Kleinlock, "A WDMA protocol for Multichannel DQDB networks" IEEE GlobeCom 93 1993.
- [2] Charles A. Brackett, "On the Capacity of Multiwavelength Optical-Star Packet Switches", IEEE Letters, May 1991.
- [3] William Stalling, "Networking Standards : A Guide to OSI, ISDN, LAN, and MAN Standard", Addison Wesley. 1993
- [4] B. Mukherjee, "WDM Based Local Lightwave Networks Part I: Single Hop Systems", IEEE Network, May 1992.
- [5] C. A. Brackett, "Dense Wavelength Division Multiplexing Networks : Principles and

Applications," IEEE J. Sel. Areas in Commun. vol.8 pp.947-964, Aug. 1990

- [6] I.M.I Habbab, M. Kavehrad and C.E. Wsundberg, "Protocols For Very High-Speed Optical Fiber Local Area Networks Using A Passive Star Topology," IEEE J. Lightwave Tech., vol. LT5, pp.1782-1794, Dec. 1987



이 남 재(Nam Jae Lee) 정회원  
 1988년 : 전북대학교 전자계산기 공학과(공학사).  
 1991년 : 전북대학교 전자계산기 공학과(공학석사).  
 1991년~현재 : 전북대학교 컴퓨터공학과 박사과정 재학중.



곽 훈 성(Hoon Sung Kwak)정회원  
 1944년 8월 15일생.  
 1971년 : 전북대학교 전자공학과 (공학사).  
 1975년 : 전북대학교 전자공학과 (공학석사).  
 1980년 : 전북대학교 전자공학과 (공학박사).

- 1996년~현재 : 영상특성화 사업단 단장.
- 1993년~1994년 : 전북대학교 전자계산소 소장.
- 1991년~1993년 : 미국 텍사스 대학교 교환교수.
- 1989년~1990년 : 대한전자공학회 전북지부장.